

# **Analisa Pengaruh Perubahan Beban terhadap Rugi Daya pada Stator dan Rotor Generator PT. Indonesia Power UPJB Kamojang**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**MITA RENATE**

**D 400 170 088**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2020**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**Analisa Pengaruh Perubahan Beban terhadap Rugi Daya pada Stator dan Rotor  
Generator PT.Indonesia Power UPJB Kamojang**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:



**MITA RENATE**

**D 400 170 088**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Agus Supardi, ST., MT.**

**NIK. 883**

## HALAMAN PENGESAHAN

### **Analisa Pengaruh Perubahan Beban terhadap Rugi Daya pada Stator dan Rotor Generator PT. Indonesia Power UPJB Kamojang**

OLEH

MITA RENATE

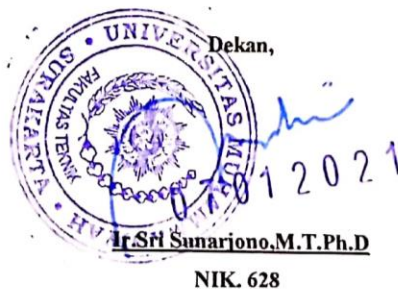
D 400 170 088

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Rabu, 16 Desember 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, S.T.MT  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Umar, ST.MT  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Hasyim Asy'ari, ST.MT  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)  
(.....)  
(.....)

Dekan,  
  
Ir. Sri Sunariono, M.T.Ph.D  
NIK. 628

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 1 Desember 2020

Penulis



MITA RENATE

D 400 170 088

# **Analisa Pengaruh Perubahan Beban terhadap Rugi Daya pada Stator dan Rotor Generator PT.Indonesia Power UPJB Kamojang**

## **Abstrak**

Generator merupakan mesin listrik yang dapat mengubah energi gerak menjadi listrik. Generator yang digunakan pada sistem pembangkit adalah generator sinkron. Generator sinkron adalah generator AC dimana nilai tegangan dan frekuensi berbanding lurus dengan kecepatan putar rotornya. Dalam proses pembangkitan energi pada PLTP dengan menggabungkan turbin dengan generator, pada generator energi gerak berasal dari gerak pada turbin. Hampir seluruh pembangkit di Indonesia menggunakan generator sehingga generator merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pembangkit dalam mensuplai pasokan listrik kepada masyarakat. Salah satu yang mempengaruhi kerja generator adalah perubahan beban yang dapat berpengaruh pada rugi daya generator. Pada penelitian ini dilakukan analisa pengaruh perubahan beban terhadap rugi daya pada generator. Penelitian menggunakan metode pengumpulan data penelitian dan analisa perhitungan rugi daya dapat mengetahui rugi daya pada generator PT. Indonesia Power UPJB Kamojang. Hasil dari penelitian adalah perubahan beban mempengaruhi rugi daya pada generator, rugi daya pada stator dipengaruhi oleh arus beban yang disuplai pada generator semakin besar beban maka rugi daya stator akan semakin besar. Arus eksitasi pada generator berubah - ubah tidak sesuai dengan besarnya beban, hal ini karena tegangan pada generator yang dipertahankan agar selalu stabil.

**Kata Kunci:** Generator, Rugi daya, Stator, Rotor

## **Abstract**

Generator is an electric engine that can convert motion energy into electricity. The generator used in the generating system is a synchronous generator. A synchronous generator is an AC generator where the voltage and frequency values are directly proportional to the rotor's rotary speed. In the process of generating energy in PLTP by combining turbines with generators, in motion energy generators come from motion in turbine. Almost all plants in Indonesia use generators so that generators are one of the important components in the generating system in supplying electricity to the community. One of the things that affects the work of the generator is the change of load that can affect the power loss of the generator. In this study, the analysis of the effect of load changes on power loss on generators. Research using research data collection method and analysis of power loss calculation can find out the power loss in generator PT. Indonesia Power UPJB Kamojang. The result of the study is that the change in load affects the loss of power in the generator, the loss of power on the stator is affected by the load current supplied on the generator the greater the load then the loss of stator power will be greater. The excitation current in the generator changes - the change does not correspond to the size of the load, this is because the voltage on the generator is maintained to always be stable.

**Keywords:** Generator, Power Loss, Stator, Rotor

## **1. PENDAHULUAN**

Geothermal merupakan sumber energi terbarukan yang berasal dari perut bumi. Indonesia mempunyai 40 % cadangan geothermal yang tersebar dari ujung barat sampai ujung timur. Sebagian besar cadangan geothermal di Indonesia berada di wilayah barat yaitu : Sumatra, Jawa dan Bali. Terdapat 13 PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi) yang tersebar dari barat sampai timur. Pada data yang dimiliki oleh Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE) yang diambil pada Triwulan I tahun 2018 total kapasitas pembangkit listrik panas bumi mencapai 1.924,5 MW dengan target akhir tahun sebesar 2.058,5 MW dari produksi 13 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), data ini

meningkat dari tahun 2015 dari *International Geothermal Association* yaitu 1.197,0 MW. Pencapaian ini tentu saja menempatkan Indonesia sebagai produsen listrik panas bumi peringkat kedua di dunia setelah Amerika Serikat, yang sebelumnya ditempati oleh Filipina.

Pencapaian ini baru mencapai 11% dari potensi titik panas bumi sebanyak 342 titik, di Indonesia sendiri baru memanfaatkan 4-5 % dari kapasitas geothermal nya. Maka dari itu pemerintah dapat mengembangkan investasi dibidang sumber daya terbarukan ini dengan beberapa terobosan sebagai berikut : (1). Pengembangan panas bumi diwilayah timur (2). Perizinan yang sederhana (3). Penugasan survey pendahuluan dan informasi (4). Penugasan BUMN (5). *Geothermal fund dan Government drilling*.

PT. Indonesia power merupakan anak perusahaan dari PT. PLN Persero, salah satu usaha dalam mengembangkan sumber daya geothermal adalah didirikannya PT. PLN PLTP Kamojang yang dapat memasok 140 MW. Dalam pembagiannya PT. PLN Kamojang dibagi menjadi 3 unit pembangkitan yaitu, unit 1 (30 MW), unit 2 (55 MW), dan unit 3 (55 MW). Salah satu komponen penting dalam sistem pembangkit panas bumi adalah generator. Generator merupakan salah satu komponen dalam sistem pembangkit listrik yang bertugas mengubah energi kinetik yang dihasilkan dari perputaran turbin menjadi energi listrik. Pada PT. PLN Kamojang menggunakan generator sinkron 3 fasa, dimana dalam pengoperasiannya generator 3 fasa secara kontinu dengan batas catu daya dibawah catu daya pada generator. bila pengoperasian generator melebihi kapasitas beban akan megakibatkan pemanasan berlebih pada generator. Pemanasan berlebih pada generator dapat mengakibatkan rugi daya pada belitan stator dan rotor.

Pada penelitian Pengaruh Beban terhadap Rugi Daya pada Stator dan Rotor, penulis melakukan penelitian dengan objek studi pada generator PT .Indonesia Power UPJB Kamojang.

Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh beban terhadap rugi daya pada stator dan rotor pada generator.

## **2. METODE**

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian pengolahan dan analisa data yang terdiri dari data name plate generator dan data pembebanan generator. Penelitian ini mengambil data dari salah satu jurnal yang memuat data nama plate generator dan daya beban generator PT.Indonesia Power UPJB Kamojang.

Tahap – tahap yang ditempuh dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

### **1. Studi Literatur**

Studi literatur merupakan suatu tahap yang dilakukan oleh penulis dalam memperoleh gambaran dalam melaksanakan penelitian dengan mencari literatur melalui jurnal.

2. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data penulis memperoleh data berupa data sekunder yang berasal dari internet dan jurnal, untuk diolah kembali.

3. Pengolahan Data

Pengolahan data dengan menggunakan rumus yang sudah dijelaskan dan dengan menggunakan Microsoft excel.

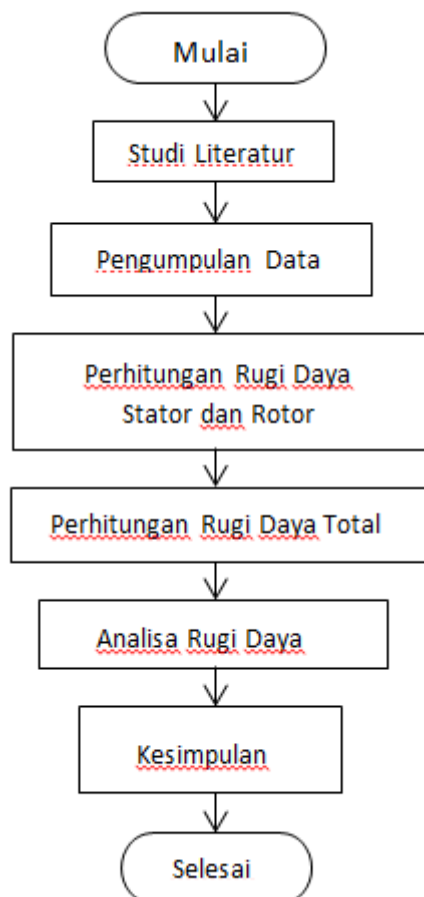
4. Studi Bimbingan

Dalam tahap studi bimbingan penulis melakukan bimbingan mulai dari judul sampai penyusunan proposal dengan bertukar pikiran dengan dosen pembimbing.

5. Pembuatan Laporan

Dalam tahap ini penulis membuat laporan penelitian tugas akhir sebagai bentuk dari hasil penelitian.

Tahap – tahap penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 merupakan diagram alir yang digunakan penulis dalam pelaksanaan penelitian.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi), merupakan pembangkit energi terbarukan yang menggunakan sumber daya panas bumi sebagai sumber pembangkitnya. Indonesia merupakan salah satu Negara dengan sumber panas bumi yang besar, hal ini dikarenakan banyaknya gunung berapi yang ada di Indonesia. Panas bumi dapat dikatakan sumber energi terbarukan karena ekstraksi panas nya lebih kecil. Salah satu wilayah mengembangkan sumber daya panas bumi adalah PT.Indonesia Power UPJB Kamojang, PT Indonesia power merupakan anak perusahaan dari PT.PLN Persero, salah satu usaha dalam mengembangkan sumber daya geothermal adalah didirikannya PT.PLN PLTP Kamojang yang dapat memasok 140 MW. Dalam pembagiannya PT.PLN Kamojang dibagi menjadi 3 unit pembangkitan yaitu, unit 1 (30 MW), unit 2 (55 MW), dan unit 3 (55 MW). Prinsip kerja dari PLTP adalah dengan memanaskan uap panas dari perut bumi yang sudah dipisahkan dengan air, untuk menggerakkan sudu pada turbin. Setelah menggerakkan turbin uap akan diembunkan didalam kondensor lalu disuntikkan kembali ke perut bumi, karena itulah panas bumi dapat disebut sebagai sumber panas terbarukan.

#### a. Generator

Generator merupakan salah satu komponen dalam sistem pembangkit yang berfungsi mengubah energi gerak menjadi listrik untuk dialirkan ke beban. Pada generator terdapat komponen berupa stator dan rotor. Stator adalah bagian generator yang berfungsi sebagai cangkang atau rumah generator, dalam stator terdapat rangka silinder yang terdiri dari belitan kawat yang berfungsi untuk menerima induksi magnet dari rotor. Rotor merupakan bagian dari generator yang berputar, yang akan menghasilkan medan magnet yang akan diinduksikan ke stator.

#### b. Rugi Daya

Rugi daya adalah suatu rugi akibat dari berkurangnya pasokan listrik dari sumber listrik kepada beban yang disuplai. Pada pengoperasian pada generator yang berlebih dapat mengakibatkan pemanasan yang berlebih pada generator, yang akan mengakibatkan adanya kerusakan isolator pada belitan rotor dan stator pada generator.

Nilai rugi daya merupakan nilai daya yang keluar pada keluaran ( $P_{Output}$ ) terhadap daya masukan ( $P_{Input}$ ) pada motor atau turbin.

#### Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan adalah data yang diambil dari PT.Indonesia Power UPJB Kamojang. Berikut data yang diperlukan dalam penelitian :

Tabel 1.Data Spesifikasi Generator

|                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| Manufaktur                   | Mitsubishi Electric Corporation |
| Tipe                         | AAA145B0101                     |
| Kapasitas                    | 55 MW/68750 kVA                 |
| Tegangan                     | 11800 V                         |
| Arus                         | 3364 A                          |
| Phase                        | 3                               |
| Power Factor                 | 0,85                            |
| Frekuensi                    | 50 Hz                           |
| Rugi Daya Disipasi Pendingin | 1050 KW                         |
| Resistansi Stator            | 0,00305 ohm                     |
| Resistansi Rotor             | 0,174 ohm                       |



Tabel 2. Data Pembebanan Generator

| Hari ke - | Beban (MW) | Faktor Daya (cos phi) | Beban (MVA) | Arus Beban (A) | Arus Eksitasi (A) | Frekuensi (Hz) | Tegangan (kV) |
|-----------|------------|-----------------------|-------------|----------------|-------------------|----------------|---------------|
| 1         | 54,92      | 0,98                  | 56,04       | 2745           | 440               | 50             | 11,8          |
| 2         | 55,08      | 0,98                  | 56,2        | 2753           | 439               | 50             | 11,8          |
| 3         | 54,7       | 0,98                  | 55,81       | 2734           | 430               | 50             | 11,8          |
| 4         | 54,78      | 0,98                  | 55,89       | 2738           | 440               | 50             | 11,8          |
| 5         | 54,88      | 0,98                  | 56          | 2743           | 443               | 50             | 11,8          |
| 6         | 54,94      | 0,98                  | 56,06       | 2746           | 441               | 50             | 11,8          |
| 7         | 55,22      | 0,98                  | 56,34       | 2760           | 453               | 50             | 11,8          |
| 8         | 54,88      | 0,98                  | 56          | 2743           | 432               | 50             | 11,8          |
| 9         | 55,04      | 0,98                  | 56,16       | 2751           | 440               | 50             | 11,8          |
| 10        | 54,36      | 0,98                  | 55,46       | 2717           | 417               | 50             | 11,8          |
| 11        | 54,64      | 0,98                  | 55,75       | 2731           | 417               | 50             | 11,8          |
| 12        | 54,56      | 0,98                  | 55,67       | 2727           | 426               | 50             | 11,8          |
| 13        | 54,66      | 0,98                  | 55,77       | 2732           | 432               | 50             | 11,8          |
| 14        | 54,46      | 0,98                  | 55,57       | 2722           | 425               | 50             | 11,8          |
| 15        | 54,56      | 0,98                  | 55,67       | 2727           | 433               | 50             | 11,8          |
| 16        | 54,84      | 0,98                  | 55,95       | 2741           | 451               | 50             | 11,8          |
| 17        | 54,08      | 0,98                  | 55,18       | 2703           | 421               | 50             | 11,8          |
| 18        | 53,92      | 0,98                  | 55,02       | 2695           | 415               | 50             | 11,8          |
| 19        | 54,7       | 0,98                  | 55,81       | 2734           | 444               | 50             | 11,8          |
| 20        | 54,36      | 0,98                  | 55,46       | 2717           | 431               | 50             | 11,8          |
| 21        | 54,18      | 0,98                  | 55,28       | 2708           | 429               | 50             | 11,8          |
| 22        | 54,14      | 0,98                  | 55,24       | 2706           | 431               | 50             | 11,8          |
| 23        | 54,3       | 0,98                  | 55,4        | 2714           | 434               | 50             | 11,8          |
| 24        | 54,28      | 0,98                  | 55,38       | 2713           | 435               | 50             | 11,8          |
| 25        | 52,09      | 0,98                  | 53,16       | 2604           | 431               | 50             | 11,8          |
| 26        | 54,8       | 0,98                  | 55,91       | 2739           | 448               | 50             | 11,8          |
| 27        | 54,36      | 0,98                  | 55,46       | 2717           | 428               | 50             | 11,8          |
| 28        | 54,6       | 0,98                  | 55,71       | 2729           | 443               | 50             | 11,8          |

#### Perhitungan Rugi Daya Generator

Nilai Rugi Daya pada generator dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

##### a. Rugi Daya Stator

$$P_{\text{stator}} = 3 \times I_s^2 \times R_s \dots \dots \dots (1)$$

##### b. Rugi Daya Rotor

$$P_{\text{rotor}} = I_r^2 \times R_r \dots \dots \dots (2)$$

##### c. Rugi Daya Total

$$\sum P_{\text{rugi daya}} = P_{\text{stator}} + P_{\text{rotor}} \dots \dots \dots (3)$$

## Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Perhitungan Rugi Daya Stator.

Contoh perhitungan hari ke -7 . Data perhitungan sebagai berikut :

- a. Arus beban = 2760 A
- b. Resistansi Stator = 0.00305 ohm
- c. Rugi Daya Stator

$$\begin{aligned}P_{\text{stator}} &= 3 \times I_s^2 \times R_s \\&= 3 \times (2760)^2 \times 0.00305 \\&= 69701,04 \text{ Watt} \\&= 69,70 \text{ kW}\end{aligned}$$

### 3.2. Perhitungan Rugi Daya Rotor.

Contoh perhitungan hari ke – 7. Data perhitungan sebagai berikut :

- a. Arus eksitasi = 453 A
- b. Resistansi Rotor = 0,174 ohm
- c. Rugi Daya Rotor

$$\begin{aligned}P_{\text{rotor}} &= I_r^2 \times R_r \\&= (453)^2 \times 0,174 \\&= 35090,739 \text{ Watt} \\&= 35,09 \text{ kW}\end{aligned}$$

### 3.3. Perhitungan Total Rugi Daya

Contoh perhitungan hari ke-7. Data perhitungan sebagai berikut :

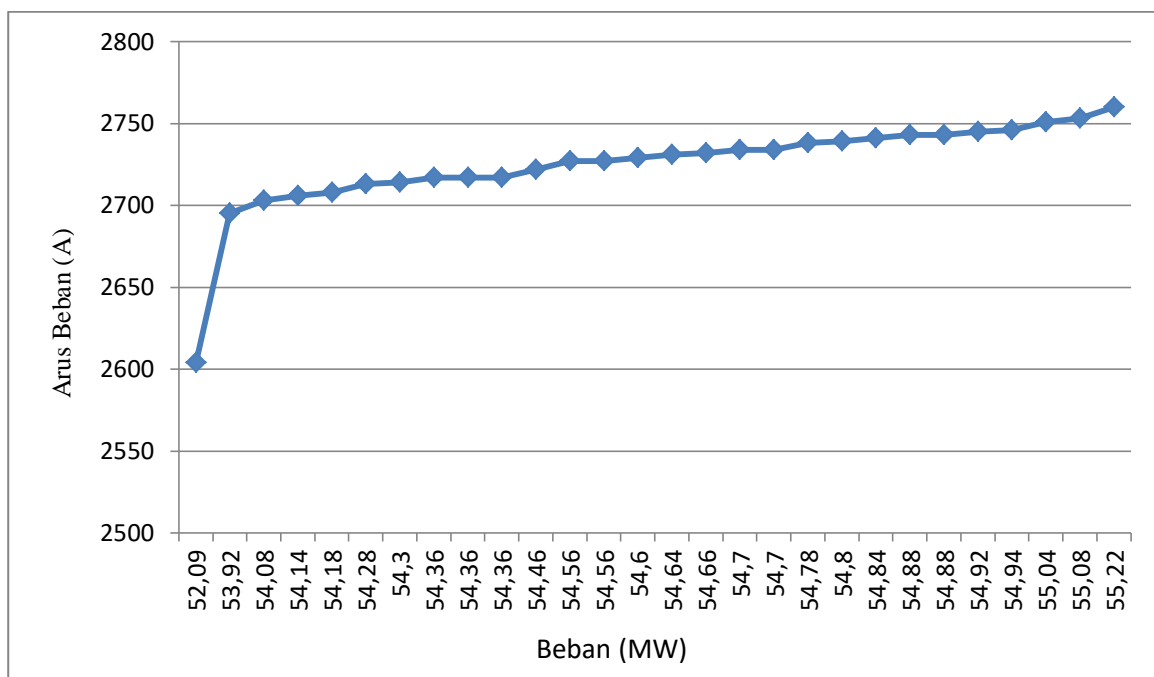
- a. Rugi Daya Stator = 69,70 kW
- b. Rugi Daya Rotor = 35,09 kW
- c. Total Rugi Daya

$$\begin{aligned}P_{\text{total}} &= P_{\text{Stator}} + P_{\text{Rotor}} \\&= 69,70 \text{ kW} + 35,09 \text{ kW} \\&= 104,79 \text{ kW}\end{aligned}$$

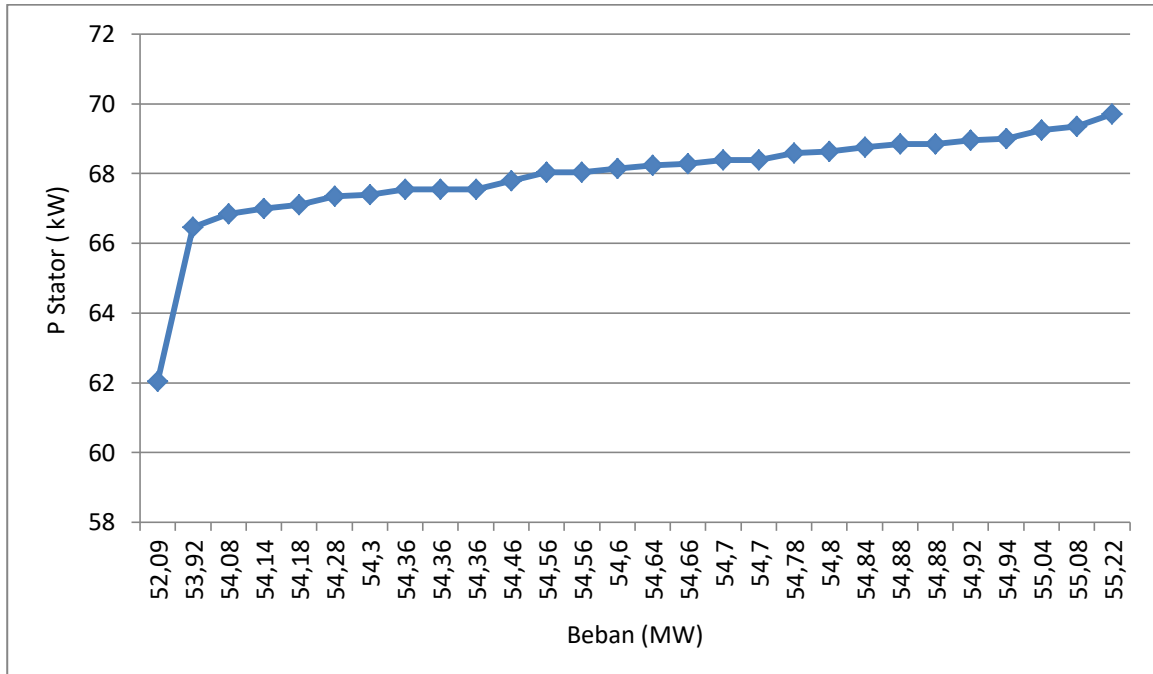
Tabel 3. Hasil perhitungan Rugi Daya Stator dan Rugi Daya Rotor.

| Hari ke- | Beban (MW) | Rugi Daya     |              | Rugi Daya Total (kW) |
|----------|------------|---------------|--------------|----------------------|
|          |            | P Stator (kW) | P Rotor (kW) |                      |
| 1        | 54,92      | 68,95         | 33,68        | 102,63               |
| 2        | 55,08      | 69,35         | 33,53        | 102,88               |
| 3        | 54,7       | 68,39         | 32,17        | 100,56               |
| 4        | 54,78      | 68,59         | 33,69        | 102,28               |
| 5        | 54,88      | 68,85         | 34,15        | 103                  |

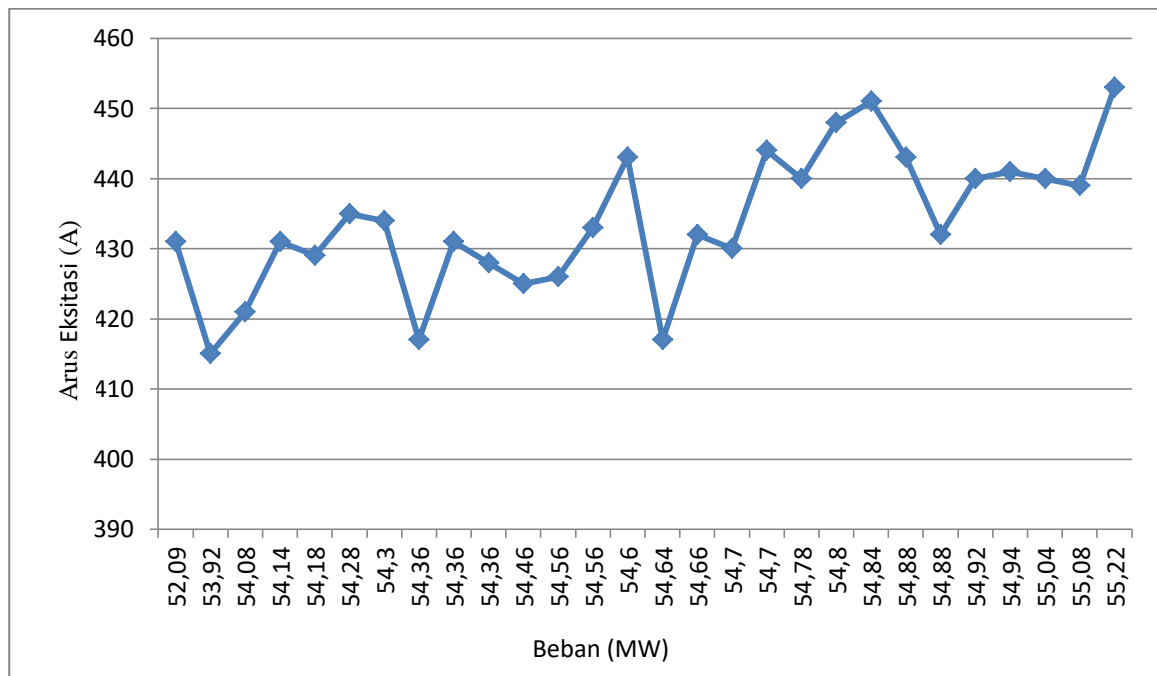
|    |       |       |       |        |
|----|-------|-------|-------|--------|
| 6  | 54,94 | 69    | 33,84 | 102,84 |
| 7  | 55,22 | 69,7  | 35,71 | 105,41 |
| 8  | 54,88 | 68,85 | 32,47 | 101,32 |
| 9  | 55,04 | 69,25 | 33,69 | 102,94 |
| 10 | 54,36 | 67,55 | 30,26 | 97,81  |
| 11 | 54,64 | 68,24 | 30,26 | 98,5   |
| 12 | 54,56 | 68,04 | 31,58 | 99,62  |
| 13 | 54,66 | 68,29 | 32,47 | 100,76 |
| 14 | 54,46 | 67,79 | 31,43 | 99,22  |
| 15 | 54,56 | 68,04 | 32,62 | 100,66 |
| 16 | 54,84 | 68,75 | 35,39 | 104,14 |
| 17 | 54,08 | 66,85 | 30,84 | 97,69  |
| 18 | 53,92 | 66,46 | 29,97 | 96,43  |
| 19 | 54,7  | 68,39 | 34,3  | 102,69 |
| 20 | 54,36 | 67,55 | 32,32 | 99,87  |
| 21 | 54,18 | 67,1  | 32,02 | 99,12  |
| 22 | 54,14 | 67    | 32,32 | 99,32  |
| 23 | 54,3  | 67,4  | 32,77 | 100,17 |
| 24 | 54,28 | 67,35 | 32,93 | 100,28 |
| 25 | 52,09 | 62,04 | 32,32 | 94,36  |
| 26 | 54,8  | 68,64 | 34,92 | 103,56 |
| 27 | 54,36 | 67,55 | 31,87 | 99,42  |
| 28 | 54,6  | 68,14 | 34,15 | 102,29 |



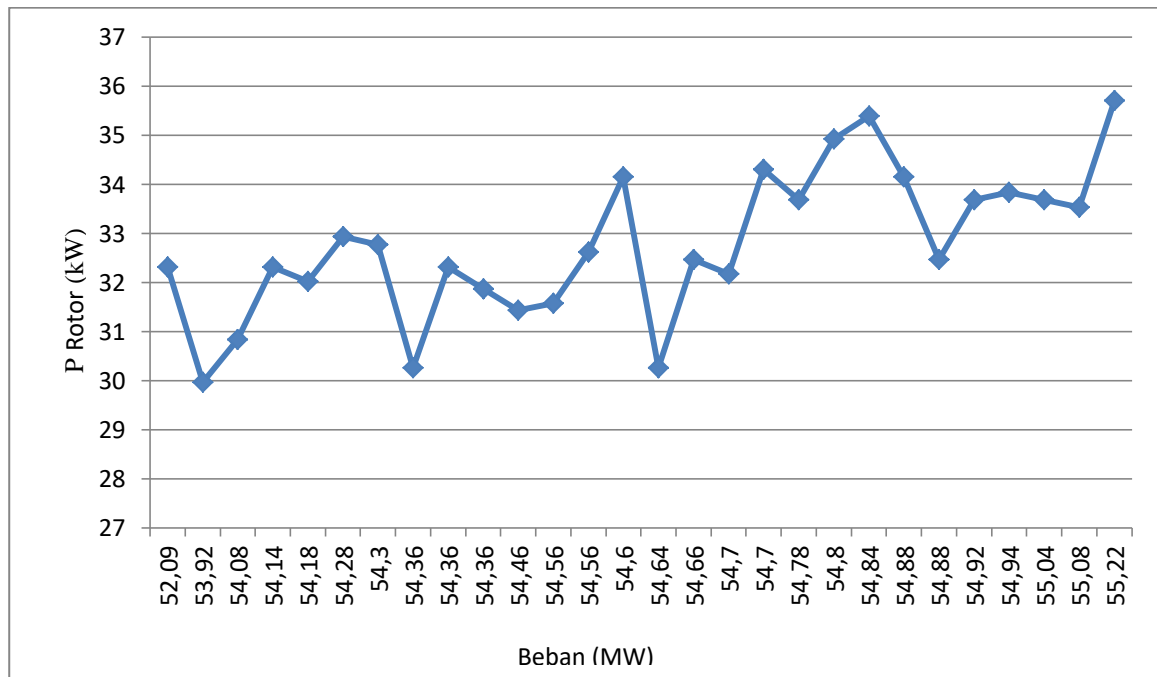
Gambar 2. Hubungan Beban terhadap Arus Beban



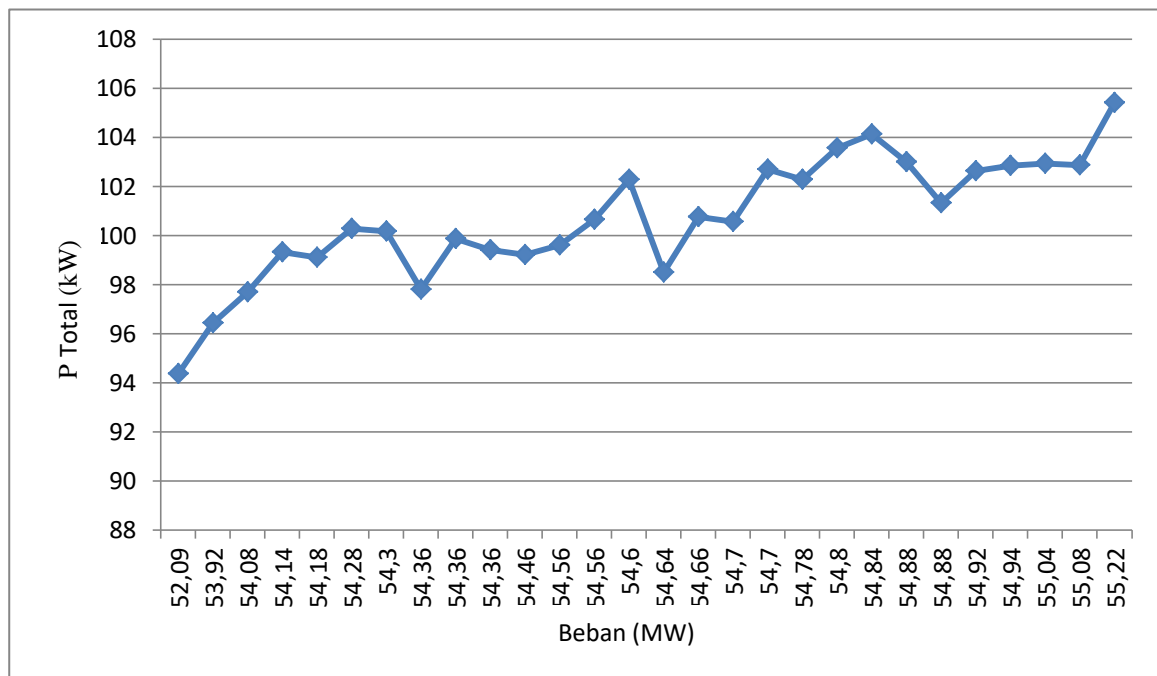
Gambar 3. Hubungan Beban terhadap Rugi Daya Stator



Gambar 4. Hubungan Beban terhadap Arus Eksitasi



Gambar 5. Hubungan Beban terhadap Rugi Daya Rotor



Gambar 6. Hubungan Beban Terhadap Rugi Daya Total

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa beban berbanding lurus dengan besarnya arus beban. Sesuai dengan rumus daya, daya sama dengan arus dikali tegangan. Karena nilai tegangan yang tetap dan nilai beban berubah – ubah maka ketika terjadi perubahan beban maka nilai arus beban akan berubah sesuai dengan besar beban. Hal ini akan mempengaruhi nilai rugi daya pada stator, dimana semakin besar beban maka nilai rugi daya stator juga akan besar seperti terlihat pada gambar 3.

Dari gambar 4 grafik hubungan antara beban terhadap arus eksitasi dapat dilihat bahwa beban tidak berbanding lurus terhadap arus eksitasi, hal ini dikarenakan oleh adanya pengaturan

AVR (*Automatic Volatage Regulator*). Fungsi dari AVR adalah untuk menjaga kestabilan tegangan pada generator agar tetap stabil meskipun terdapat perubahan pada beban. Apabila tegangan keluaran pada generator dibawah nilai dari tegangan generator maka AVR akan menambah arus eksitasi dan ketika nilai tegangan generator berada diatas tegangan generator maka AVR akan mengurangi arus eksitasi. Gambar 5 merupakan grafik hubungan beban terhadap rugi daya rotor, rugi daya yang dialami pada rotor tidak terlalu besar. Pada rugi daya rotor semakin besar arus eksitasi yang disuplai akan mengakibatkan panas pada belitan rotor.

Gambar 6 menunjukkan pengaruh beban terhadap rugi daya total, rugi daya total diperoleh dari penjumlahan antara rugi daya stator dan rugi daya rotor, grafik menunjukkan selama 28 hari total rugi daya yang dialami generator semakin bertambah beban belum tentu rugi daya bertambah besar, hal ini karena pengaruh nilai rugi daya pada rotor yang dimana nilai rugi daya rotor tidak selalu berbanding lurus dengan nilai beban.

## PENUTUP

Dari penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai rugi daya pada stator sebanding dengan nilai perubahan beban pada generator. Dan arus beban pada generator sesuai dengan beban pada generator.
2. Nilai arus eksitasi pada generator berubah-ubah tidak selalu berdasarkan perubahan beban, nilai arus eksitasi berubah dengan menyesuaikan tegangan pada generator agar tegangan pada generator selalu stabil.
3. Nilai total rugi daya stator dan rotor pada generator PT.Indonesia Power UPJB Kamojang terhadap perubahan beban tidak selalu sebanding dengan total rugi daya stator dan rotor.

## DAFTAR PUSTAKA

Li,Kewen,dkk.(2019).*Review on Hybrid Geothermal and Solar Power Systems*.Journal,China university of Geosciences (Beijing)

Hardi Qurrahman,Alfian,dkk.(2019). *Turbine Generator Efficiency Analysis In Geothermal Power Plant PT Geodipa Energi Unit Dieng*.Other thesis Universitas Gadjah Mada.

Tousa,Loic,dkk.(2013). *Power-loss analysis of advanced PERC cellsreaching 20.5% energy conversion efficiency*. Energy Procedia 38 ( 2013 ) 467 – 473, Hamelin, Germany.

El Saady,Gabber,dkk.(2013). *Analysis of Wind Turbine Driven Permanent Magnet Synchronous Generator under Different Loading Conditions*. Innovative Systems Design and Engineering, ISSN 2222-1727 (Paper) ISSN 2222-2871 (Online), Vol.4, No.14, Electric Engineering Department, Assiut University, Assiut, Egypt.

Moon, Hyungsul, Zarrouk, Sadiq J.(2012). *Efficiency Of Geothermal Power Plants: A Worldwide Review*. Proceedings, Department of Engineering Science, The University of Auckland, New Zealand.

Bandri, Sepanur.2013.*Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron ( Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang )*. Jurnal Teknik Elektro Volume 2, No. 1, Dosen Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang.

Kurniasari,Briliana,dkk.2017. *Analisa Efisiensi Turbin Generator Berdasarkan Kualitas Daya Pada PLTU Pabrik Gula Madukismo*. Jurnal Elektrikal, Volume 4 No. 2, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri , Institut Sains & Teknologi AKPRIND.